

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THULIANY FERNANDES ARAUJO PAES

REDUÇÃO DA AMOSTRAGEM EM INVENTÁRIOS FLORESTAIS DE  
EUCALIPTO COM REDES NEURAS ARTIFICIAIS E SENSORIAMENTO  
REMOTO

CURITIBA

2020

THULIANY FERNANDES ARAUJO PAES

REDUÇÃO DA AMOSTRAGEM EM INVENTÁRIOS FLORESTAIS DE  
EUCALIPTO COM REDES NEURAIS ARTIFICIAIS E SENSORIAMENTO  
REMOTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Manejo Florestal de Precisão do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador (a): Prof. Dra. Ana Paula Dalla Corte

CURITIBA

2020

# REDUÇÃO DA AMOSTRAGEM EM INVENTÁRIOS FLORESTAIS DE EUCALIPTO COM REDES NEURAIS ARTIFICIAIS E SENSORIAMENTO REMOTO

Thuliany Fernandes Araujo Paes<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Engenheira Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Avenida Ph Rolfs s/n, Centro, Viçosa, 36570-900, Minas Gerais, Brasil; Especialista em Gestão de Resíduos Sólidos, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Rua Sergipe, 790 - Savassi, Belo Horizonte - MG, 30130-171, e-mail: thulianyaraujo@yahoo.com.br

## RESUMO

O inventário florestal tradicional é dispendioso e moroso. Quanto maior o número de amostras, maior serão os custos dessa atividade. Com isso, é crescente o desenvolvimento de estudos que reduzam as atividades de mensuração de parcelas e cubagem de árvores em campo. As redes neurais artificiais já têm se consolidado como ferramentas para redução do esforço amostral e o sensoriamento remoto têm se mostrado como alternativa para a quantificação de biomassa florestal. Essas ferramentas, no entanto, demandam mão de obra específica para verificação de métodos mais apropriados para alcançar resultados. Com isso, o presente trabalho propõe a utilização de imagens gratuitas do satélite Landsat 8 juntamente com técnicas de inteligência artificial para estimação do volume de madeira em plantios de eucalipto na região de Três Lagoas, MS. Foram selecionadas as cenas das áreas estudadas, adicionado o shapefile de parcelas e extraído os dados das bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 dos valores dos pixels e calculado os índices de vegetação NDVI, SAVI, EVI, GNDVI, ARVI e SR. Treinou-se algumas configurações de redes neurais, a de melhor resultado foi a configuração de talhão como variável categórica, as bandas e índices de vegetação como variáveis numéricas e o volume de madeira com casca (m<sup>3</sup>cc/ha) como saída. Essa rede foi simulada com a redução do esforço amostral em 28,7%, 43,2% e 64,2% das parcelas e apresentaram erro percentual de 98% no intervalo entre -5% e 5%. A aplicação teve mais de 60% dos valores

estimados em nível de talhão se encontram entre  $\pm 10\%$  de erro, isso considerando redução de 64,2% das amostras. Com a redução de 28,7% dos dados, essa precisão aumenta para 77,3%. No entanto, é importante ressaltar que são necessários mais estudos quando se trabalha com bases muito extensas de número de parcelas e variação de sítios.

Palavras-Chave: Volume; índices de vegetação; bandas; treinamento; generalização

### **ABSTRACT**

The traditional forest inventory is expensive and time-consuming. The greater the number of samples, the greater the costs of this activity. With this, the development of studies that reduce the activities of measuring plots and cubing trees in the field is growing. Artificial neural networks have already consolidated themselves as tools for reducing sampling effort and remote sensing has shown to be an alternative for the quantification of forest biomass. These tools, however, require specific labor to verify the most appropriate methods to achieve results. Thus, the present work proposes the use of free images from the Landsat 8 satellite together with artificial intelligence techniques to estimate the volume of wood in eucalyptus plantations in the region of Três Lagoas, MS. Scenes from the studied areas were selected, the plot shapefile was added and data from bands 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 were extracted from the pixel values and the NDVI, SAVI, EVI, GNDVI, ARVI and SR. Some neural network configurations were trained, the best result was the configuration of stand as a categorical variable, bands and vegetation indexes as numerical variables and the volume of wood with bark ( $m^3cc / ha$ ) as an output. This network was simulated with the reduction of the sampling effort in 28.7%, 43.2% and 64.2% of the plots and presented a percentage error of 98% in the range between -5% and 5%. The application had more than 60% of the estimated values in field level are between  $\pm 10\%$  of error, considering a reduction of 64.2% of the samples. With a 28.7% reduction in data, this accuracy increases to 77.3%. However, it is important to emphasize that more studies are needed when working with very extensive bases of number of plots and variation of sites.

Key words: Volume; vegetation indexes; bands; training; generalization

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>8</b>
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	8
2.2. ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA.....	9
2.3. PROCESSAMENTO DE IMAGENS.....	10
2.4. PROCESSAMENTO DE RNA'S.....	14
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>16</b>
3.1. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON.....	16
3.2. TREINAMENTO E GENERALIZAÇÃO DAS RNA'S.....	20
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>25</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>26</b>
<b>6. APÊNDICE .....</b>	<b>29</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O volume de um povoamento é uma das variáveis de principal interesse quando se trata de monocultivos florestais, pois ele proporciona a estimativa de crescimento e produtividade da população ao longo dos anos de plantio, subsidiando análises de diferentes estratégias de manejo florestal. Essa quantificação é obtida por meio da realização do inventário florestal, que consiste na mensuração de amostras representativas desse povoamento.

Técnicas convencionais de amostragem se baseiam em delimitar a área da amostra (parcela) e mensurar a circunferência a 1,30 metros de altura (CAP) de todos os indivíduos presentes na parcela e altura de outros. Posteriormente, delimitar os estratos e classes do povoamento e realizar a cubagem de indivíduos representativos dentro dessas classes. A partir dessas métricas, são utilizados modelos hipsométricos e volumétricos para cálculo do volume florestal.

Essa amostragem eleva a precisão das informações e diminui os erros das estimativas das variáveis dendrométricas. O aumento do número de amostras está diretamente ligado ao custo da atividade o que, na maioria das vezes, contrapõe os interesses do proprietário da florestal. Com isso, é crescente o intuito em desenvolver técnicas que reduzam essa amostragem, sem perda na precisão das informações.

Neste contexto, os avanços tecnológicos na área de sensoriamento remoto (SR) e o desenvolvimento relacionado ao processamento das imagens, visando a quantificação da produção, são ferramentas que vem ganhando espaço no meio florestal, pois podem obter metodologias de caracterização da estrutura das florestas e, conseqüente obtenção de sua biomassa e/ou volume, porém, requerem maiores estudos, de acordo com MIGUEL et al. (2015).

Além do SR, as técnicas de aprendizado de máquina, tais como as Redes Neurais Artificiais (RNA's) em combinação com dados obtidos por imagens de satélite, podem ser uma das alternativas para prever variáveis de interesse da floresta. As RNA são sistemas computacionais compostos por unidades de processamento simples, também denominados neurônios artificiais, que são dispostos em camadas e ligados entre si formando uma rede de maneira específica a desempenhar determinada função (BINOTI et al., 2013a).

Estas conexões, geralmente, estão associadas a coeficientes denominados de pesos. O ajuste destes pesos é realizado por um processo chamado treinamento ou aprendizado, sendo responsável pela extração das características dos dados e armazenamento de conhecimento das redes (BINOTI et al., 2014). Este treinamento é feito por algoritmos que ajustam os pesos das conexões entre neurônios a fim de minimizar a função do erro, muitas vezes definida como a soma dos quadrados dos resíduos (HAYKIN, 2001). Após o treinamento, a rede que apresentar maior relação entre as variáveis de interesse é aplicada de forma generalizada, dando resposta a dados inéditos (BRAGA et al., 2007).

Essa técnica vem apresentando desempenhos satisfatórios em algumas aplicações na modelagem florestal (HEAT, 2011), podendo relacionar o banco de dados coletados em campo às técnicas de inteligência artificial e dados de sensores remotos. Mesmo que as variáveis dendrométricas não sejam visíveis às imagens de satélite, é possível extrair alguns indícios, os quais podem se correlacionar com as variáveis da floresta (BOYD; DANSON, 2005).

Os índices de vegetação como Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI); Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI); Índice de Vegetação Melhorado (EVI); Índice de Vegetação por Diferença Normalizada Verde (GNDVI); Índice de Vegetação Resistente a Atmosfera (ARVI), Razão Simples (SR); conseguem maximizar a caracterização vegetal das árvores, minimizando as influências de efeitos gerados pela geometria do dossel, fundo do solo, ângulos de iluminação e condições atmosféricas (SARKER; NICHOL, 2011).

A utilização desses índices combinados ao aprendizado de máquinas pode se apresentar como uma ferramenta potencial para reduzir o esforço amostral em inventários florestais. Com isso o presente trabalho vem avaliar o uso RNA's para estimar a produtividade de plantios florestais por meio de imagens de satélite e índices de vegetação com vistas a reduzir a amostragem em inventários florestais.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é composta por plantios clonais de eucalipto de diferentes idades (Tabela 1), com espaçamento médio de 3,4m x 2,3m, que somados compõem uma área de 25.586,15 ha, pertencentes à Empresa Eldorado Brasil. Abrangendo os municípios de Três Lagoas, Selvíria, Ribas do Rio Pardo, Aparecida do Taboado, Inocência, Água Clara que pertencem à bacia hidrográfica do Rio Paraná e sub-bacias do Rio Sucuriú, Rio Verde e Rio Pardo. Por meio da Figura 1 é possível observar o mapa de localização das fazendas.

O clima da região é caracterizado como tropical úmido com estação seca no inverno e chuvosa no verão – Aw, segundo classificação de Köppen-Geiger, com pluviosidade, temperatura e umidade relativa do ar média anual de aproximadamente 1.330 mm, 25° C e 66%, respectivamente, e altitude aproximada da 394m (ALVARES, 2013).

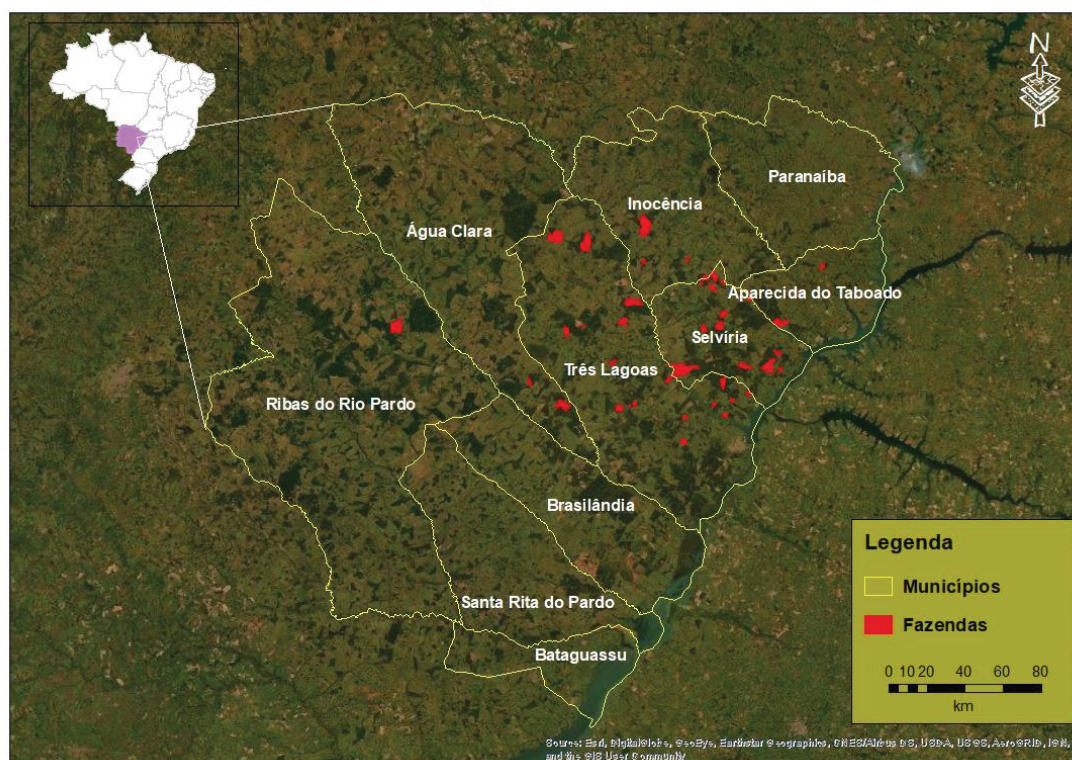


Figura 1 – Dispersão das áreas objetos do estudo.

Fonte: Autor.

Tabela 1 – Número de fazendas por municípios e faixa de idades.

Municípios	Área (ha)	N Fazendas	Idade (anos)		
			Mínima	Máxima	Média
Água Clara	798,85	2	3,81	4,44	4,13
Aparecida do Taboado	1.296,09	2	3,93	5,70	4,82
Inocência	2.855,74	5	2,28	4,71	3,39
Ribas do Rio Pardo	1.788,29	1	5,85	5,85	5,85
Selvíria	8.713,83	14	2,24	4,67	3,56
Três Lagoas	10.133,35	19	1,70	5,61	3,31
<b>Total Geral</b>	<b>25.586,15</b>	<b>43</b>	<b>1,70</b>	<b>5,85</b>	<b>3,57</b>

Fonte: Autor.

## 2.2. ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA

Foram utilizados dados de inventário contínuo coletados entre os meses de julho e agosto de 2017. A intensidade amostral adotada foi de aproximadamente 1 parcela a cada 10 ha, somando em 2.687 parcelas.

As unidades amostrais foram distribuídas por meio do software ArcGis 10.5. onde a primeira amostra é alocada de forma aleatória e as demais, sistematicamente. Foram definidos *grid's* de 300 metros entre pontos, considerando um buffer de 30 metros das estradas, infraestruturas e redes de energia. Em cada cruzamento entre os eixos de coordenadas X e Y que sobrepõe a área de plantio, foi alocado uma unidade amostral, onde o ponto define o centro da parcela, conforme observado por meio da Figura 2.

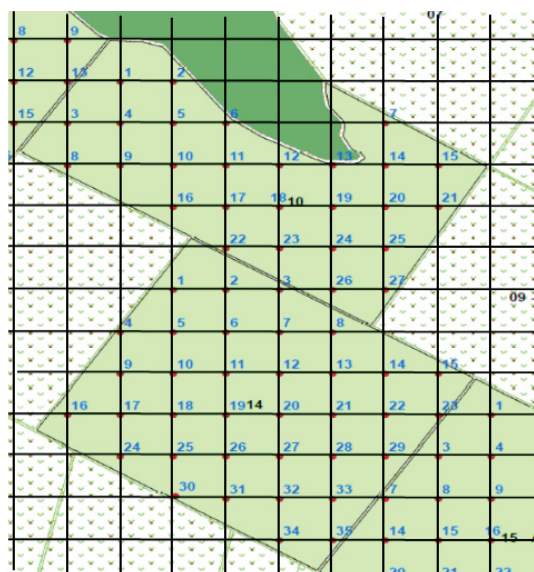


Figura 2 – Grid de parcelas.

Fonte: Autor.

No campo foram instaladas parcelas circulares de área fixa com raio de 11,28 m (400 m²), mensurados os CAP's de todas as plantas presentes e alturas de quatro árvores normais, distribuídas nas classes de diâmetro inferior, médio e superior da parcela.

A modelagem hipsométrica foi realizada por meio de RNA's utilizando o software Neuro4, o qual permite construir RNA's personalizadas, modificar camadas ocultas, números de elementos do processamento e o algoritmo de aprendizagem.

Foi utilizado o algoritmo *Resilient Propagation* (RPROP+) para todas predições, com 8 camadas ocultas e função de ativação sigmoidal e 30.000 ciclos ou erro médio de 0,0001 como parâmetro do critério de parada.

As variáveis de entrada utilizadas foram Fazenda e Material Genético como parâmetro qualitativo, CAP, CAP máximo, altura média e idade como parâmetros quantitativos com a saída dos dados de altura.

Para processamento dos dados de inventário e estimação da volumetria da floresta foi utilizado o software SifCub e o modelo volumétrico não linear de Schumacher e Hall (1933) para estimativa de volume total.

$$Volume = \beta_0 + DAP^{\beta_1} \times Ht^{\beta_2} + \varepsilon \quad \text{Eq.01}$$

em que *DAP* é o diâmetro a 1,3 metros e *Ht* é a altura total da árvore.

### 2.3. PROCESSAMENTO DE IMAGENS

As imagens utilizadas foram do satélite Landsat CDR (Landsat Surface Reflectance - L8 OLI/TIRS) com resolução radiométrica de 16 bits por pixel, resolução temporal média de 16 dias, resolução multiespectral de 30 m e precisão de localização de 12 metros, baixadas gratuitamente pelo site <https://libra.developmentseed.org/> no período compatível com as datas do inventário florestal.

Na Tabela 2 é possível observar as características espectrais do Landsat Surface Reflectance - L8 OLI/TIRS.

Tabela 2 - Características espectrais dos instrumentos imageadores.

<b>Bandas Landsat 8</b>	<b>Comprimento de onda (micrômetro)</b>	<b>Resolução (metros)</b>
Banda 1 (ultra-azul)	0,43 – 0,45	30
Banda 2 (azul)	0,45 – 0,51	30
Banda 3 (verde)	0,53 – 0,59	30
Banda 4 (vermelho)	0,64 – 0,67	30
Banda 5 (infravermelho próximo)	0,85 – 0,88	30
Banda 6 (SWIR1)	1,57 – 1,65	30
Banda 7 (SWIR2)	2,11 – 2,29	30
Banda 8 (Pancromática)	0,50 – 0,68	15

Fonte: SANTOS (2013).

Nas cenas adquiridas, não foram necessárias correções nos valores de reflectância pois no site onde foram realizados os downloads, as imagens do Landsat 8 CDR são processadas por um algoritmo desenvolvido pelo USGS, que converte os ND's e realiza as correções atmosféricas necessárias.

As imagens foram processadas por meio do software ArcGis 10.5, no qual foram alteradas o sistema de coordenadas para o sistema de projeção geográfica UTM 22S com Datum SIRGAS 2000.

Após a adequação do sistema de projeção, foi realizada a formação do mosaico, pois, como a área de abrangência das fazendas estudadas é extensa, foi necessário utilizar mais de uma cena. Para isso, utilizou-se a ferramenta “*Create Mosaic Dataset*”, após a criação, foram adicionadas as imagens alvo do estudo através de um diretório contendo todas as cenas com a ferramenta “*Add raster to mosaic*”, por criar uma estrutura em banco de dados geográfico GDB permite a inclusão de uma quantidade de *rasters* uma vez que sua estrutura não faz a cópia da imagem e sim um banco com os endereços no repositório. Foram imputados filtros e processado o *raster* com a construção de pirâmide para adequar a resolução da imagem ao nível de zoom, permitindo carregamento mais dinâmico e com a utilização de menos recursos computacionais acelerando a exibição dos dados rasterizados. Posteriormente, foram retirados os intervalos entre as cenas, ou valores *NoDate*, nas propriedades do mosaico ativando o campo “*Always clip the raster is to footprint*” e recalculado a área de cobertura do conjunto de dados *raster* por meio da ferramenta “*Build footprint*”.

Após o tratamento das imagens, foi adicionado o shapefile de pontos das parcelas amostrais e extraído as informações das bandas pela ferramenta “*Extract Multi Values to Points*”. Com as informações dos valores dos pixels

disponíveis na tabela de atributos, os dados foram exportados e foram calculados os índices de vegetação no Microsoft Excel.

Os índices de vegetação utilizados no estudo foram:

a) *Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)*:

$$NDVI = \frac{b_5 - b_4}{b_5 + b_4}$$

em  $b_4$  e  $b_5$  são as bandas do vermelho e infravermelho próximo do satélite Landsat 8.

b) *Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI)*:

$$SAVI = \frac{(1+L) \times (b_5 - b_4)}{L + b_5 + b_4}$$

em que  $L = 0,5$ .

c) *Índice de Vegetação Melhorado Modificado (EVI2)*:

$$EVI_2 = 2,5 \times \frac{b_5 - b_4}{(b_5 + 2,4 \times b_4 + 1,0)}$$

d) *Índice de Vegetação por Diferença Normalizada Verde (GNDVI)*:

$$GNDVI = \frac{b_5 - b_3}{b_5 + b_3}$$

em que  $b_3$  é a banda verde do satélite Landsat 8.

e) *Índice de Vegetação Resistente a Atmosfera (ARVI)*:

$$ARVI = \frac{b_5 - b_4 - 1 \times (b_2 - b_4)}{b_5 + b_4 - 1 \times (b_2 - b_4)}$$

em que  $b_2$  é a banda azul do satélite Landsat 8.

f) *Razão Simples (SR)*:

$$SR = \frac{b_5}{b_4}$$

O NDVI é o índice mais utilizado para analisar as condições da cobertura vegetal, pois a partir dele é possível separar a vegetação verde do solo exposto de acordo com ROUSE et al. (1973a). Seus valores variam de -1 a 1, sendo, valores negativos, representam nuvens ou áreas alagadas, próximos de zero, solo exposto e próximos a 1, representa vegetação.

O SAVI é utilizado para reduzir a refletividade do solo do índice NDVI por meio da inserção de uma constante L que varia de 0 a 1, sendo:

L = 1 (baixa densidade vegetativa);

L = 0,5 (densidade vegetativa intermediária);

L = 0,25 (alta densidade vegetativa).

Por meio da Figura 3 é possível observar o fluxograma do processamento das imagens com algumas das ferramentas utilizadas.

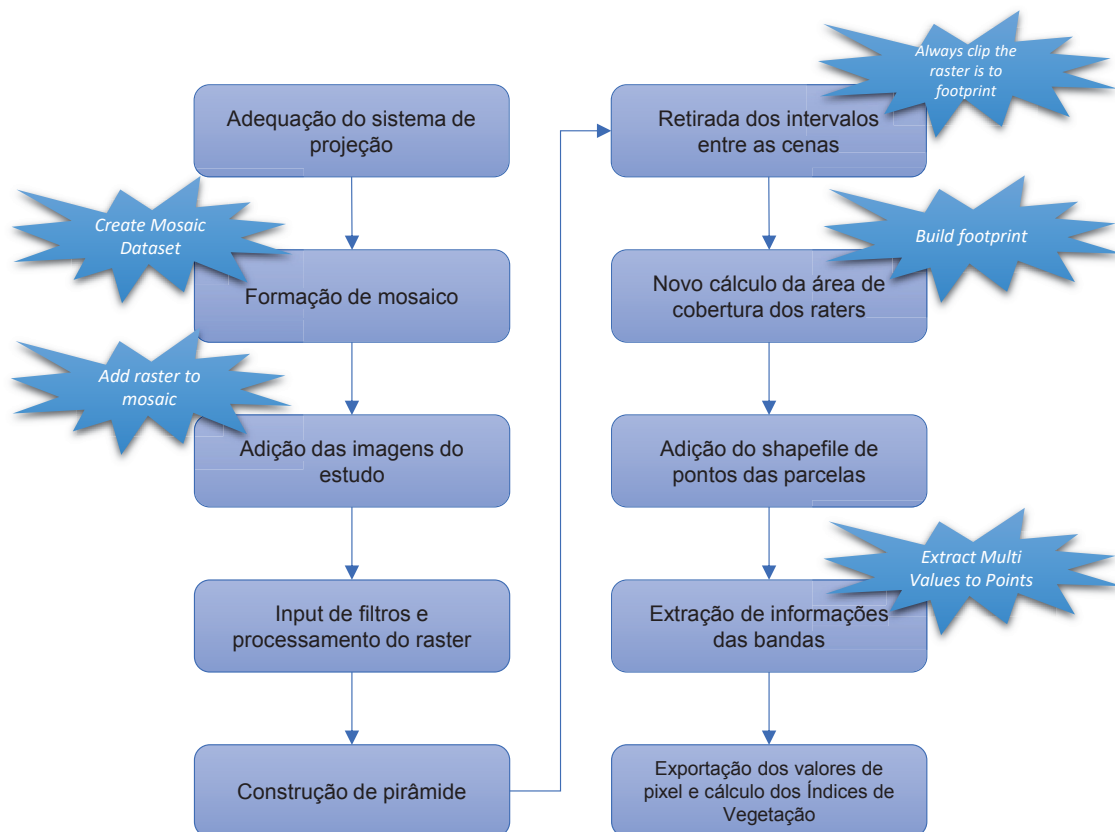


Figura 3 – Fluxograma do processamento das imagens.

Fonte: Autor.



De acordo com FERRAZ, 2012, o EVI é o índice utilizado para realçar a vegetação, pois ele apresenta maior sensibilidade às variações na estrutura do dossel, minimizando o efeito de refletância do solo e da atmosfera, e assim como o SAVI, também apresenta um fator L.

O GNDVI, à diferença do NDVI, explora o contraste entre a alta refletância na região do infravermelho próximo e a refletância na região do verde, aumentando a sensibilidade quanto à presença de clorofila, trazendo um pequeno pico de refletância não apreciada na banda vermelha evidenciado pelo verde das folhas (GEORGEN, 2014).

O ARVI foi desenvolvido para minimizar dos efeitos de espalhamentos atmosféricos gerados pelos aerossóis na banda vermelha (LIU, 2015), através do uso da banda do azul (mais sensível aos efeitos atmosféricos). Assim como o NDVI, ele aumenta a discriminação da vegetação, porém com efeitos atmosféricos quatro vezes menor, LIU (2007).

O índice SR foi definido por JORDAN (1969) a partir da divisão da refletância referente à região do infravermelho próximo pela região do vermelho. Este índice, apesar de sua simplicidade na formulação, fornece informações valiosas a respeito da biomassa e do índice de área foliar, sendo sensível a variações decorrentes destas variáveis em áreas florestais (HUETE et al., 2002).

## 2.4. PROCESSAMENTO DE RNA'S

Anteriormente ao input das variáveis na RNA foi realizada a análise de correlação de Pearson no software *Statistica* 7.0, no intuito selecionar as variáveis de maior interesse. Os testes foram realizados para os níveis de significância de 1% e 5%.

Para o processamento das redes foi utilizado o software Neuro4. Foi utilizado o algoritmo *Resilient Propagation* (RPROP+) para todas predições, com 12 camadas ocultas e função de ativação sigmoidal e 30.000 ciclos ou erro médio de 0,0001 como parâmetro do critério de parada.

As RNA's foram treinadas alterando as variáveis de entrada, qualitativas (Fazenda, Classe de idade, Material genético, Idade e talhão), quantitativas

(Centro de classe de idade, idade, Índices de vegetação, e bandas) e de saída (Volume (m³/ha) e IMA (m³/ha/ano)).

Foram treinadas 11 diferentes configurações de RNA's com toda base de parcelas visando a correlação entre dados observados (resultados do inventário) com dados estimados apresentados pelas redes.

As estimativas de Volume (m³/ha) e IMA (m³/ha/ano) através das RNA foram avaliadas com base nos seguintes critérios: dispersão dos erros percentuais e histograma de frequência dos erros percentuais. O erro percentual obtido foi dado por:

$$erro\% = \frac{(\hat{y} - y)}{y} \times 100$$

em que  $\hat{y}$  é o *output* estimado pela rede (volume (m³/ha) ou IMA (m³/ha/ano)) e  $y$  é o *output* observado no inventário.

Com os melhores resultados desses treinamentos, de acordo com a frequência de erros percentuais, foram realizadas simulações de redução da amostragem com a seleção das parcelas de forma aleatória, mantendo pelo menos uma parcela por talhão e generalização, ou seja, aplicação da rede em dados que não foram treinados. Por meio da Tabela 3 é possível observar o percentual de redução e o número de amostras utilizadas para os treinamentos das redes adotado no estudo.

Tabela 3 – Redução do esforço amostral.

Redução de parcelas em:			N parcelas total
28,7%	43,3%	64,2%	
1.915	1.525	963	2.687



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON

Por meio da Tabela 4 é possível observar a matriz de correlação entre a idade, os parâmetros dendrométricos: número de fustes vivos, mortos, quebrados e tombados, falhas de plantio, DAP, altura, altura dominante, área basal; parâmetros volumétricos: volume total com casca e incremento médio anual; as bandas de 1 a 8 e os índices de vegetação: NDVI, SAVI, EVI2, SR, GNDVI e ARVI.

Todas as bandas apresentaram correlação significativa a 1% e 5% de probabilidade com as variáveis idade e IMA. As bandas de 1 a 7 apresentaram correlação significativa com fustes vivos, mortos, falhas, altura dominante e volume total a pelo menos 5% de probabilidade. A variável DAP apresentou correlação com as bandas de 1 a 6, a altura total apresentou correlação com as bandas 1 a 3 e 5 a 7 e a área basal apresentou correlação com a banda 1, 4, 5, e a 7, a pelo menos 5% de probabilidade.

SANTOS et al. (2017) utilizou imagens do satélite Landsat 8 para estimar parâmetros florestais em áreas de cerrado e também encontrou correlação significativa realizando a análise com o coeficiente de Pearson entre as variáveis DAP, área basal e as bandas 2, 3, 4 e 7, e volume e as bandas 3, 4 e 7.

Todos os índices de vegetação apresentaram correlação significativa com as variáveis idade, fustes vivos, mortos e falhas de plantio, altura total, altura dominante, DAP e IMA a 1% de probabilidade. O volume só não apresentou correlação significativa com o índice ARVI e a área basal apresentou correlação significativa SR, GNDVI e ARVI a 1% de probabilidade.

ALBA et al. (2017) e LEAL et al. (2011) também utilizaram a análise de correção de Pearson para verificar a correlação entre o volume e índices de vegetação. Os dois autores encontraram correção significativa com essa análise, mas como no presente estudo, LEAL et al. (2011) também encontrou baixo valor de correlação do índice NDVI com o volume, sendo de 0,20.

Mesmo apresentando correlações significativas, os valores de significância apresentados nessa análise foram baixos, mas segundo Pozini (2001), a não ocorrência de altas correlações entre variáveis dendrométricas e

variáveis provenientes de sensoriamento remoto pode ser explicada pelo aspecto da cobertura vegetal gerada por uma imagem de satélite, que é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais.

Tabela 4 - Análise de Correlação de Pearson entre variáveis dendrométricas, volumétricas, bandas de 1 a 8 e índices de vegetação.

Variáveis	Idade (anos)	Fustes Vivos (N/ha)	Falhas (N/ha)	Mortas (N/ha)	Quebradas (N/ha)	Tombadas (N/ha)	Hdom (m)	Ht (m)	DAP (cm)	G (m²/ha)	VTCC (m³/ha)	IMA (m³/ha/ano)
Idade (anos)	1,00	-0,16**	0,17**	0,19**	-0,03*	-0,06**	0,82**	0,76**	0,59**	0,65**	0,75**	-0,17**
Fustes Vivos (N/ha)	-0,16**	1,00	-0,73**	-0,3**	-0,27**	-0,1**	-0,3**	-0,34**	-0,57**	0,16**	-0,01	0,2**
Falhas (N/ha)	0,17**	-0,73**	1,00	-0,04*	-0,03	-0,07**	0,27**	0,3**	0,53**	-0,18**	-0,01	-0,23**
Mortas (N/ha)	0,19**	-0,3**	-0,04*	1,00	-0,01	0,06**	0,16**	0,13**	0,04*	0,09**	0,13**	-0,07**
Quebradas (N/ha)	-0,03*	-0,27**	-0,03	-0,01	1,00	0,13**	0,00	-0,03	-0,02	0,00	-0,01	0,03
Tombadas (N/ha)	-0,06**	-0,1**	-0,07**	0,06**	0,13**	1,00	-0,03	-0,05**	-0,05**	-0,08**	-0,06*	-0,04*
Hdom (m)	0,82**	-0,3**	0,27**	0,16**	0,00	-0,03	1,00	0,96**	0,82**	0,78**	0,9**	0,28**
Ht (m)	0,76**	-0,34**	0,3**	0,13**	-0,03	-0,05**	0,96**	1,00	0,88**	0,77**	0,89**	0,35**
DAP (cm)	0,59**	-0,57**	0,53**	0,04*	-0,02	-0,05**	0,82**	0,88**	1,00	0,61**	0,72**	0,32**
G (m²/ha)	0,65**	0,16**	-0,18**	0,09**	0,00	-0,08**	0,78**	0,77**	0,61**	1,00	0,96**	0,59**
VTCC (m³/ha)	0,75**	-0,01	-0,01	0,13**	-0,01	-0,06**	0,9**	0,89**	0,72**	0,96**	1,00	0,5**
IMA (m³/ha/ano)	-0,17**	0,2**	-0,23**	-0,07**	0,03	-0,04*	0,28**	0,35**	0,32**	0,59**	0,5**	1,00
b1	0,32**	-0,24**	0,21**	0,26**	0,03	-0,02	0,23**	0,2**	0,18**	0,07**	0,15**	-0,21**
b2	0,26**	-0,26**	0,25**	0,23**	0,00	-0,02	0,17**	0,15**	0,16**	0,00	0,08**	-0,24**
b3	0,27**	-0,21**	0,23**	0,15**	-0,02	-0,04*	0,16**	0,15**	0,17**	0,02	0,08**	-0,22**
b4	0,16**	-0,23**	0,26**	0,16**	-0,02	-0,04*	0,04*	0,03	0,08**	-0,11**	-0,06**	-0,29**
b5	-0,39**	0,28**	-0,23**	-0,29**	-0,03	-0,02	-0,31**	-0,27**	-0,21**	-0,08**	-0,16**	0,26**
b6	0,06**	-0,17**	0,19**	0,16**	0,01	-0,02	-0,06**	-0,07**	-0,03*	-0,17**	-0,15**	-0,29**
b7	0,07**	-0,2**	0,19**	0,22**	0,01	-0,01	-0,05**	-0,07**	-0,02	-0,17**	-0,14**	-0,3**
b8	0,07**	0,01	0,02	0,01	-0,01	-0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	-0,05**
NDVI	-0,37**	0,32**	-0,29**	-0,31**	-0,01	0,00	-0,25**	-0,21**	-0,19**	0,00	-0,09**	0,33**
SAVI	-0,37**	0,32**	-0,29**	-0,31**	-0,01	0,00	-0,25**	-0,21**	-0,19**	0,00	-0,09**	0,33**
EVI2	-0,38**	0,32**	-0,29**	-0,3**	-0,01	0,00	-0,26**	-0,22**	-0,2**	-0,01	-0,1**	0,33**
SR	-0,39**	0,19**	-0,18**	-0,12**	-0,02	0,01	-0,34**	-0,31**	-0,25**	-0,17**	-0,24**	0,16**
GNDVI	-0,42**	0,32**	-0,27**	-0,33**	-0,02	-0,01	-0,31**	-0,27**	-0,23**	-0,06**	-0,15**	0,3**
ARVI	-0,32**	0,31**	-0,3**	-0,27**	0,00	0,01	-0,18**	-0,15**	-0,16**	0,05**	-0,03	0,35**

Continua...

...Continuação da Tabela 4.

Variáveis	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	NDVI	SAVI	EVI2	SR	GNDVI	ARVI
Idade (anos)	0,32**	0,26**	0,27**	0,16**	-0,39**	0,06**	0,07**	0,07**	-0,37**	-0,37**	-0,38**	-0,39**	-0,42**	-0,32**
Fustes Vivos (N/ha)	-0,24**	-0,26**	-0,21**	-0,23**	0,28**	-0,17**	-0,2**	0,01	0,32**	0,32**	0,32**	0,19**	0,32**	0,31**
Falhas (N/ha)	0,21**	0,25**	0,23**	0,26**	-0,23**	0,19**	0,19**	0,02	-0,29**	-0,29**	-0,29**	-0,18**	-0,27**	-0,3**
Mortas (N/ha)	0,26**	0,23**	0,15**	0,16**	-0,29**	0,16**	0,22**	0,01	-0,31**	-0,31**	-0,3**	-0,12**	-0,33**	-0,27**
Quebradas (N/ha)	0,03	0,00	-0,02	-0,02	-0,03	0,01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	0,00
Tombadas (N/ha)	-0,02	-0,02	-0,04*	-0,04*	-0,02	-0,02	-0,01	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,01
Hdom (m)	0,23**	0,17**	0,16**	0,04*	-0,31**	-0,06**	-0,05**	0,02	-0,25**	-0,25**	-0,26**	-0,34**	-0,31**	-0,18**
Ht (m)	0,2**	0,15**	0,15**	0,03	-0,27**	-0,07**	-0,07**	0,02	-0,21**	-0,21**	-0,22**	-0,31**	-0,27**	-0,15**
DAP (cm)	0,18**	0,16**	0,17**	0,08**	-0,21**	-0,03*	-0,02	0,02	-0,19**	-0,19**	-0,2**	-0,25**	-0,23**	-0,16**
G (m <sup>2</sup> /ha)	0,07**	0,00	0,02	-0,11**	-0,08**	-0,17**	-0,17**	0,02	0,00	0,00	-0,01	-0,17**	-0,06**	0,05**
VTCC (m <sup>3</sup> /ha)	0,15**	0,08**	0,08**	-0,06**	-0,16**	-0,15**	-0,14**	0,02	-0,09**	-0,09**	-0,1**	-0,24**	-0,15**	-0,03
IMA (m <sup>3</sup> /ha/ano)	-0,21**	-0,24**	-0,22**	-0,29**	0,26**	-0,29**	-0,3**	-0,05**	0,33**	0,33**	0,33**	0,16**	0,3**	0,35**
b1	1,00	0,92**	0,73**	0,68**	-0,35**	0,58**	0,6**	0,04*	-0,56**	-0,56**	-0,55**	-0,36**	-0,51**	-0,59**
b2	0,92**	1,00	0,86**	0,83**	-0,32**	0,72**	0,74**	0,02	-0,59**	-0,59**	-0,59**	-0,33**	-0,52**	-0,67**
b3	0,73**	0,86**	1,00	0,89**	-0,14**	0,8**	0,79**	0,04*	-0,47**	-0,47**	-0,47**	-0,24**	-0,39**	-0,63**
b4	0,68**	0,83**	0,89**	1,00	-0,31**	0,91**	0,95**	0,03	-0,65**	-0,65**	-0,65**	-0,33**	-0,53**	-0,82**
b5	-0,35**	-0,32**	-0,14**	-0,31**	1,00	-0,16**	-0,28**	-0,02	0,92**	0,92**	0,93**	0,66**	0,96**	0,8**
b6	0,58**	0,72**	0,8**	0,91**	-0,16**	1,00	0,96**	0,05**	-0,5**	-0,5**	-0,49**	-0,22**	-0,36**	-0,67**
b7	0,6**	0,74**	0,79**	0,95**	-0,28**	0,96**	1,00	0,05**	-0,61**	-0,61**	-0,6**	-0,27**	-0,48**	-0,77**
b8	0,04*	0,02	0,04*	0,03	-0,02	0,05**	0,05**	1,00	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,02	-0,03
NDVI	-0,56**	-0,59**	-0,47**	-0,65**	0,92**	-0,5**	-0,61**	-0,03	1,00	1**	1**	0,64**	0,98**	0,97**
SAVI	-0,56**	-0,59**	-0,47**	-0,65**	0,92**	-0,5**	-0,61**	-0,03	1**	1,00	1**	0,64**	0,98**	0,97**
EVI2	-0,55**	-0,59**	-0,47**	-0,65**	0,93**	-0,49**	-0,6**	-0,03	1**	1**	1,00	0,65**	0,98**	0,96**
SR	-0,36**	-0,33**	-0,24**	-0,33**	0,66**	-0,22**	-0,27**	-0,03	0,64**	0,64**	0,65**	1,00	0,65**	0,58**
GNDVI	-0,51**	-0,52**	-0,39**	-0,53**	0,96**	-0,36**	-0,48**	-0,02	0,98**	0,98**	0,98**	0,65**	1,00	0,91**
ARVI	-0,59**	-0,67**	-0,63**	-0,82**	0,8**	-0,67**	-0,77**	-0,03	0,97**	0,97**	0,96**	0,58**	0,91**	1,00

\*\*Correlação significativa a 1% de probabilidade

\*Correlação significativa a 5% de probabilidade

### 3.2. TREINAMENTO E GENERALIZAÇÃO DAS RNA'S

As diferentes conformações de treinamento das RNA's testadas no presente trabalho podem ser observadas juntamente com a frequência dos erros percentuais entre os desvios de -5% e 5% por meio da Tabela 5.

Com base na correlação entre os dados observados e estimados, dispersão e frequência dos erros percentuais (mais de 90% dos desvios concentrados em até 5% de erro), foi selecionada a rede 11 para simular a redução do esforço amostral, generalização de dados não treinados e aplicação.

De acordo com Binoti (2015), uma rede bem treinada não é o suficiente, é necessário que ela apresente uma boa generalização, ou seja, sua aplicação precisa dar resposta a dados inéditos.

Sendo assim, essa configuração foi treinada novamente simulando a redução da amostragem, considerando 1.915, 1.525 e 963 parcelas respectivamente. O restante do banco foi utilizado para aplicação da rede e verificação da sua assertividade (Tabela 6).

Tabela 6 – Número de parcelas utilizadas na redução do esforço amostral.

Uso	Redução de parcelas em:		
	28,7%	43,3%	64,2%
Treinamento	1.915	1.525	963
Aplicação	772	1.162	1.724

Com a estratificação considerada para RNA 11, na qual as fazenda e talhões entraram como variáveis categóricas, as bandas e índices de vegetação como variáveis numéricas e o volume de madeira com casca (m<sup>3</sup>cc/ha) como variável de saída, foi possível realizar o treinamento e generalização para as três diferentes reduções de esforços amostrais.

Tabela 5 - Diferentes configurações de treinamento das redes.

<b>N</b>	<b>Variáveis de entrada qualitativas</b>	<b>Variáveis de entrada quantitativas</b>	<b>Variável de saída</b>	<b>Frequência de erro em até 5% de desvio</b>
1	Fazenda; Classe de Idade; Material Genético	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, NDVI, SAVI, EVI2, SR, GNDVI, ARVI	IMA (m³/ha/ano)	56,59
2	Fazenda; Classe de Idade	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, NDVI, SAVI, EVI2, SR, GNDVI, ARVI	IMA (m³/ha/ano)	52,63
3	Fazenda; Material Genético	Centro de classe de idade; B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, NDVI, SAVI, EVI2, SR, GNDVI, ARVI	IMA (m³/ha/ano)	57,55
4	Classe de Idade; Material Genético	NDVI, SAVI, EVI2, SR, GNDVI, ARVI	IMA (m³/ha/ano)	53,35
5	Fazenda; Classe de Idade; Material Genético	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, NDVI, SAVI, EVI2, SR, GNDVI, ARVI	VTcc (m³/ha)	52,1
6	Fazenda; Classe de idade	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, NDVI, SAVI, EVI2, SR, GNDVI, ARVI	VTcc (m³/ha)	51,35
7	Fazenda; Material Genético; Classe de idade	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, NDVI, SAVI, EVI2, SR, GNDVI, ARVI	VTcc (m³/ha)	55,25
8	Fazenda; Classe de idade; Material Genético	NDVI, SAVI, EVI2, SR, GNDVI, ARVI	VTcc (m³/ha)	53,57
9	Fazenda; Material Genético	Idade; B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, NDVI, SAVI, EVI2, SR, GNDVI, ARVI	VTcc (m³/ha)	56,12
10	Fazenda; Idade; Material Genético	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, NDVI, SAVI, EVI2, SR, GNDVI, ARVI	VTcc (m³/ha)	89,35
11	Fazenda; Talhão	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, NDVI, SAVI, EVI2, SR, GNDVI, ARVI	VTcc (m³/ha)	91,02

**Freq. de erro até 5% de desvio = 98,84%**

Classe de erro (%)	Frequência (%)
-12	0%
-10	0%
-8	0%
-6	0%
-4	0%
-2	1%
0	87%
2	3%
4	1%
6	0%
8	0%
10	0%
12	0%

VTcc (m³/ha) est. rede	VTcc (m³/ha) inventário
0	0
50	~50
100	~100
150	~150
200	~200
250	~250
300	~300
350	~350
400	~400

The figure consists of two plots. The left plot is a bar chart showing the frequency distribution of error classes. The x-axis is labeled 'Classe de erro (%)' and ranges from -12 to 12. The y-axis is labeled 'Frequencia (%)' and ranges from 0 to 100. A box in the top left corner states: 'Freq. de erro em até 5% de desvio = 98,88%'. The data shows a very high frequency (93%) for the 0% error class, with other classes having much lower frequencies (2%, 1%, 0%).

The right plot is a scatter plot showing the relationship between 'VTcc (m³/ha) inventário' (y-axis) and 'VTcc (m³/ha) est. rede' (x-axis). Both axes range from 0 to 400. A diagonal line represents the 1:1 relationship. The data points are clustered around this line, indicating a strong positive correlation between the inventory and the estimated volume.

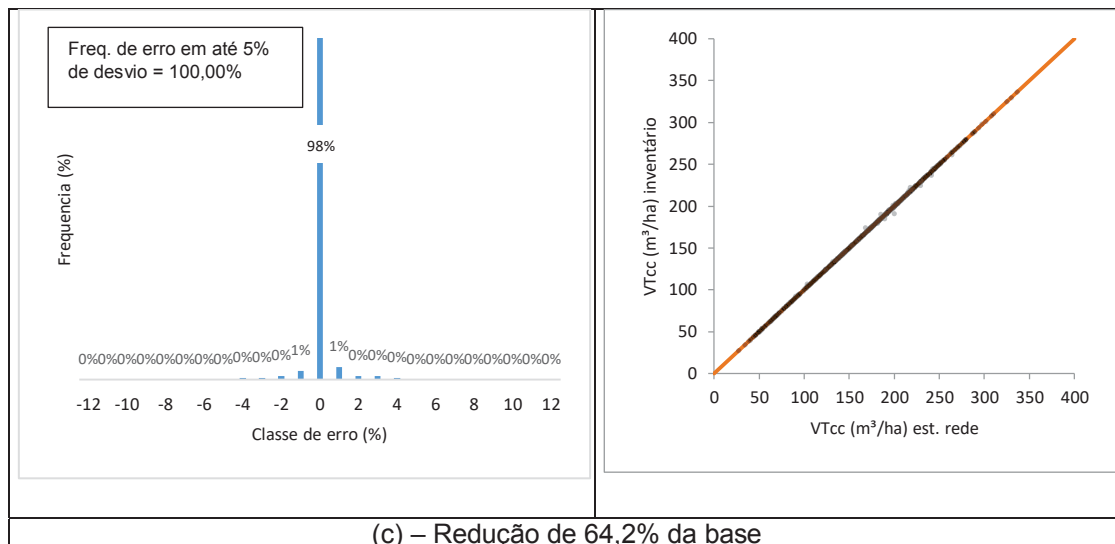


Figura 4 – Histograma de frequência de erros percentuais e gráfico de dispersão VTcc (m³/ha) inventário x VTcc (m³/ha) estimado pela rede para redução de 28,7% da base (a), 43,2% da base (b) e 64,2% da base (c) - Treinamento

Para cada simulação de redução da base amostral foram realizadas a generalização e aplicação da rede em todo banco. Por meio da Figura 5 é possível observar o histograma de frequência de erros percentuais e o gráfico de dispersão de volume a nível de talhão para as estimativas das redes.

As distribuições ideais dos pontos nos gráficos de dispersão volumétrica seriam sobre a linha reta vermelha representada, o que dá para ressaltar que houveram alguns pontos que se dispersaram dessa tendência, ou seja, onde a rede não teve boa precisão nas estimativas, quando comparado ao resultado do inventário. Mas é interessante ressaltar que mais de 60% dos dados apresentaram desvios de erro percentual entre -10 e 10%, isso considerando redução de 64,2% das amostras. Com a redução de 28,7% dos dados, essa precisão aumenta para 77,3%. Por meio do Apêndice 1 é possível observar os resultados volumétricos do inventário e das RNA's com as reduções de esforço amostral propostas a nível de talhão.

Caso os dados de entrada (bandas e índices de vegetação) apresentassem maior correlação com os dados de volume, isso poderia conseguir aumentar a eficiência da aprendizagem na procura de atingir uma generalização mais aprimorada com a aplicação reduzindo os desvios (ARTEGA, 2019).



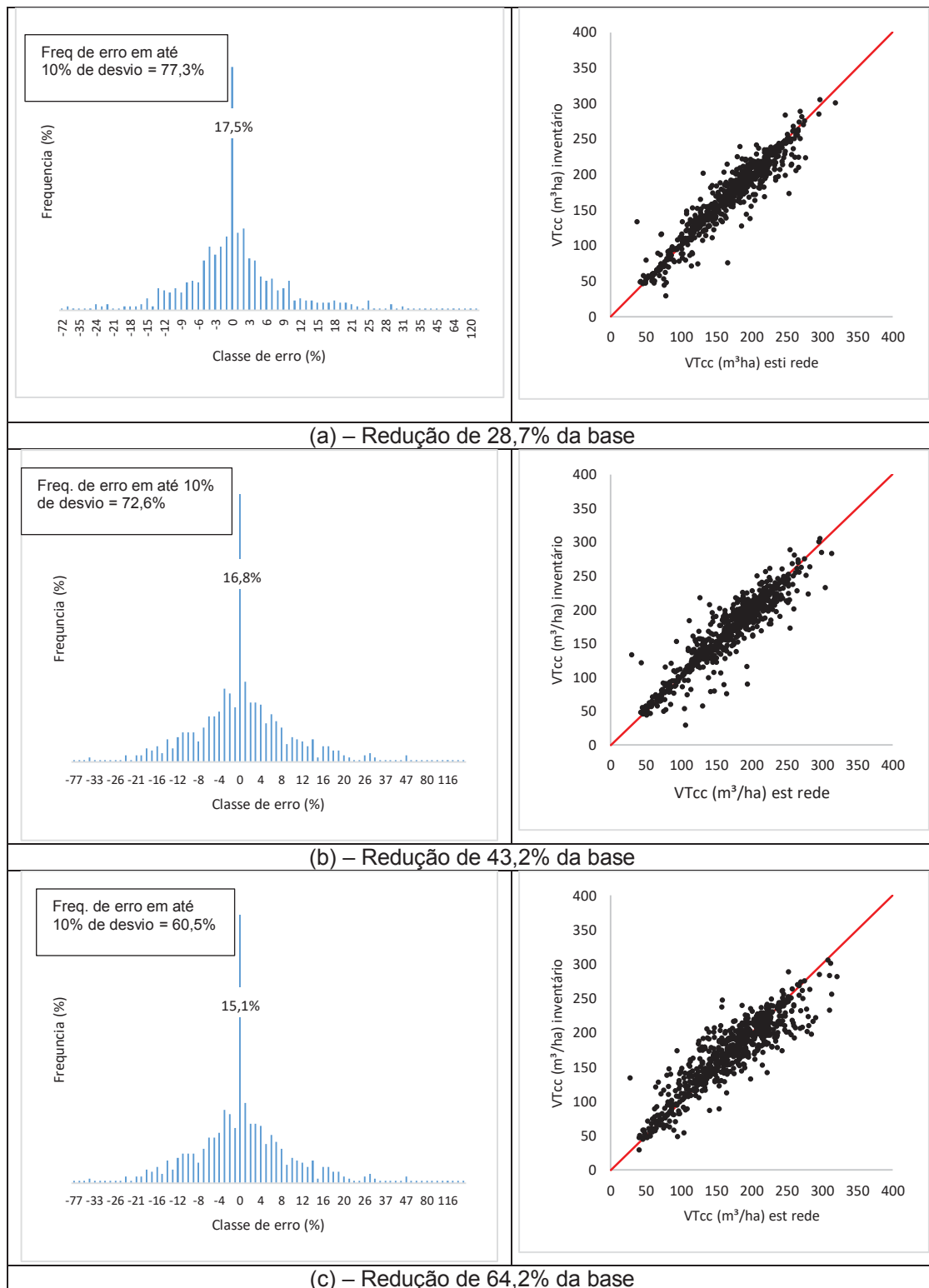


Figura 5 – Histograma de frequência de erros percentuais e gráfico de dispersão VTcc (m³/ha) inventário x VTcc (m³/ha) estimado pela rede para redução de 28,7% da base (a), 43,2% da base (b) e 64,2% da base (c) – Aplicação em toda base

Em comparação com outros estudos, Lopes et. al. (2014) aplicou de redes neurais artificiais para estimativa de produção florestal utilizando imagens

Landsat 7 e apresentou resultados significativos, onde 76,67% dos valores estimados encontraram-se entre -2 e 2%. Tendo maior assertividade quando comparado com o presente estudo, para um banco de parcelas inferior, sendo de 60 amostras.

Arteaga (2019) utilizou imagens digitais do satélite Spot 6 estimar volume de plantios de eucalipto através dos valores das bandas e índices de vegetação via redes neurais artificiais e apresentou maioria da dispersão dos resíduos a nível de parcelas concentrados entre 0 a  $\pm 20\%$  e quase o restante de erro entre  $\pm 20$  a  $\pm 40\%$ , somente 5 parcelas fora desse intervalo.

Leal et. al. (2016) também trabalhou com estimativa volumétrica por meio de redes neurais artificiais utilizando dados de satélite RapidEye e conseguiu estimativas de volume próximas ao método convencional, apresentando dispersão entre  $\pm 10\%$ , resultados similares ao do presente estudo.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os índices vegetação e bandas analisadas não mostraram ser tão eficientes na caracterização da quantidade de madeira do plantio.

Já a configuração de rede considerando os talhões como variáveis categóricas, as bandas e índices de vegetação como variáveis numéricas e o volume de madeira com casca ( $m^3cc/ha$ ) como variável de saída, se apresentaram muito eficientes para os treinamentos com base geral e redução amostral de parcelas.

É necessário que se desenvolvam mais estudos nesse sentido, pois a metodologia aplicada ainda apresentou diferenças na aplicação da rede para estimação volumétrica quando comparados à metodologia tradicional.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBA, E.; MARCHESAN, J.; MELLO, E. P.; TRAMONTINA, J.; SILVA, E. A.; PEREIRA, R. S.; Uso de imagens de média resolução espacial para o monitoramento de dosséis de *Eucalyptus grandis*; Revista Scientia Agraria; AS, Curitiba, PR, vol. 18 n°. 4, p. 01-08, 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS P. C.; GONÇALVES J. L. M.; SPAROVEK G.; Koppen's climate classification map for Brazil, Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, No. 6, 711–728 (published online January 2014), Open Access Article, Gebrüder Borntraeger, 2013.

ARTEGA, A. M. J.; Aplicação de imagens orbitais na espacialização do volume de *Eucalyptus sp.* via redes neurais artificiais; Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, 91 f.; 2019.

BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G. Configuração de redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. Ciência da Madeira, Pelotas, v. 5, n. 1, p. 58-67, 2014.

BINOTI, D. H. B. et al. Redução dos custos em inventário de povoamentos equiâneos. Agrária, Recife, v.8, p.125-129, 2013a.

BOYD, D.S.; DANSON, F.M. Satellite remote sensing of forest resources: three decades of research development. Progress in Physical Geography, v.29, n.1, p.1-26, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1191/0309133305pp432ra>>.

BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L. F.; LUDERMIR, T. B. Redes neurais artificiais: teoria e aplicações. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico na região de Ilha Solteira. Científica, Jaboticabal, v.10, n.1, p 57-61, 1982.

FERRAZ, A. S. Estimação do estoque de biomassa e carbono na parte aérea de um fragmento de floresta estacional semidecidual por meio de imagens de satélite IKONOS II, Viçosa, MG, 2012

GEORGEN, L. C. G.; KILCA, R. V.; NARVAES, I. S.; SILVA, M. S.; SILVA, E. A.; PEREIRA, R. S.; ADAMI, M.; Distinção de espécies de eucalipto de diferentes idades por meio de imagens TM/Landsat 5; Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.51, n.1, p.53-60, jan. 2016

GOOGLE EARTH MAPAS. <http://mapas.google.com>. Consulta realizada em 28/08/2019.

HAYKIN, S. Redes neurais: princípios e práticas. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 900p.

HEAT, J. Programming Neural Networks with Encog3 in Java. 2ed. Heat Research, Incorporated, 2011, 240 p.

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment, v. 83, p. 195–213, 2002.

JORDAN, C.F. Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. Ecology, v.50, p.663-666, 1969. DOI: 10.2307/1936256.

LEAL, F. A.; MIGUEL, E. P.; MATRICARDI, E. A. T.; Estimativa do volume em um povoamento de eucalipto utilizando redes neurais artificiais e dados provenientes do satélite RapidEye, III Mensuflor, Piracicaba, ago 2016.

LUI, W. T. H. Aplicações de sensoriamento remoto. Campo Grande. Editora da UNINDERP, 2007. 881p.

LIU, W. T. H. Aplicações de sensoriamento remoto. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 908 p. ISBN: 978-85-7975-177-6

MIGUEL, E.P.; REZENDE, A.V.; LEAL, F.A.; MATRICARDI, E.A.T.; VALE, A.T.; PEREIRA, R.S. Redes neurais artificiais para a modelagem do volume de madeira e biomassa do cerradão com dados de satélite, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.50, n.9, p 829-839, 2015.

NETO, R. R. O.; BINOTI, D. H. B.; FARDIN, L. et. al.; Aplicação de redes neurais artificiais para estimativa de produção florestal utilizando imagens Landsat 7.; VIII Simpósio Brasileiro de pós-graduação em ciências florestais; Recife, out. 2014.

PONZONI, F.J. Comportamento espectral da vegetação. In: MENESES, P.R.; MADEIRA NETTO, J. da S. (Ed.). Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais. Brasília: Ed. da UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p.157-199.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DERING, D. W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains whit ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SO-351, v. 1, p 309-317, 1973a.

SARKER, L. R.; NICHOL, J. E. Improved forest biomass estimates using ALOS AVNIR-2 texture indices. *Remote Sensing of Environment*, v. 115, n. 4, p. 968–977, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2010.11.010>>.

SANTOS, J.; Processamento Digital Geotecnologias e Software Livre, LANDSAT-8: Download de imagens através dos sites Earth Explorer e GLOVIS; 2012.

SANTOS, M. M.; MACHADO, I. E. S.; CARVALHO, E. V.; VIOLA, M. R.; GIONGO, M.; Estimativa de Parâmetros Florestais em Área de Cerrado a Partir de Imagens do Sensor OLI Landsat 8, *Floresta*, Curitiba, PR, v. 47, n. 1, p. 75 - 83, 2017.

## 6. APÊNDICE

APÊNDICE 1 – RESULTADOS VOLUMÉTRICOS (VOLUME COM CASCA) DO INVENTÁRIO E ESTIMADO PELAS RNA'S COM REDUÇÃO AMOSTRAL EM 64,2%, 43,3% E 28,7% DOS TALHÕES ESTUDADOS.

Tabela 7 – Volume com casca do inventário e estimado pelas RNA's considerando as reduções de esforço amostral propostas.

Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
1	1	142,40	120,51	147,44	137,16
105	1	177,34	170,78	178,11	192,30
105	2	173,94	178,11	183,91	188,85
105	3	171,29	183,97	180,85	194,92
105	4	157,59	164,71	168,73	162,54
105	5	154,21	161,70	166,97	160,39
117	1	197,25	194,27	190,82	215,00
117	2	186,33	200,10	200,62	198,22
117	3	166,17	171,18	168,18	145,55
117	4	195,04	203,64	203,39	184,30
117	5	176,78	183,00	173,88	134,37
117	6	182,55	178,84	185,54	180,36
117	7	201,78	219,05	207,95	195,17
117	8	144,13	159,08	152,10	138,40
139	1	197,18	238,05	207,65	205,48
139	10	185,11	166,81	196,86	200,48
139	11	216,31	207,51	208,51	287,49
139	12	238,97	238,96	238,97	238,96
139	12A	212,41	212,40	212,40	212,41
139	13	186,69	185,13	179,23	185,24
139	14	172,48	189,22	202,23	165,89
139	15	200,93	214,97	194,64	220,18
139	16	216,89	199,18	207,83	239,27
139	17	165,98	158,31	160,72	180,41
139	18	199,76	199,75	199,75	199,76
139	2	215,35	216,07	232,13	237,34
139	3	202,30	213,34	221,38	218,29
139	4	190,04	198,99	240,79	180,17
139	5	197,48	198,12	202,21	284,75
139	6	218,84	202,15	242,00	215,84
139	7	210,94	211,08	180,06	205,14
139	8	200,58	180,35	229,60	253,28
139	9	186,44	212,19	216,22	157,66
14	1	144,65	156,54	156,63	152,05
14	10	200,01	199,99	200,01	200,01
14	11	145,48	142,37	154,93	146,76
14	12	158,42	157,87	158,17	164,01
14	2	154,78	199,29	135,78	130,66

Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
14	3	168,52	183,22	162,09	189,25
14	33	165,47	171,18	163,90	187,93
14	4	206,30	217,36	212,94	269,38
14	5	190,33	183,14	192,61	176,24
14	6	177,93	190,90	175,59	169,23
14	7	182,99	181,65	209,20	203,19
14	8	167,16	162,87	170,17	175,65
14	9	165,58	182,35	181,08	182,64
140	1	182,99	203,26	207,18	201,13
140	2	183,83	164,76	165,32	158,80
140	3	175,81	178,81	165,37	177,80
140	4	172,76	167,55	181,76	139,94
140	5	170,96	170,95	170,95	170,96
140	6	189,38	188,47	179,87	169,89
140	7	190,23	179,76	178,43	181,73
15	1	105,29	102,32	102,99	125,59
15	2	125,88	118,33	115,97	96,65
15	3	108,03	111,05	105,61	107,73
164	1	120,96	107,15	86,20	64,26
164	2	138,43	164,36	178,14	122,37
164	3	133,47	101,86	121,52	104,07
164	4	111,83	98,75	98,76	164,88
164	5	162,38	168,20	202,01	145,66
164	6	127,64	140,86	141,55	68,05
165	1	99,02	97,83	139,37	81,46
165	2	141,50	130,62	127,30	144,87
165	3	190,51	175,83	182,89	217,01
165	4	202,68	190,20	190,34	194,99
165	5	211,04	203,15	232,38	204,35
165	6	171,42	171,82	169,05	147,61
165	7	180,28	178,60	202,93	183,22
165	8	174,39	169,82	177,24	127,30
169	1	194,92	185,44	188,34	174,33
169	10	228,30	247,37	201,35	248,14
169	11	183,50	150,10	111,60	124,80
169	12	182,59	182,59	182,58	182,59
169	13	186,38	166,36	159,85	154,29
169	14	236,32	259,47	236,84	214,31
169	2	187,30	189,13	181,44	188,93
169	3	223,63	245,72	252,50	248,14
169	4	241,07	207,20	221,53	222,66
169	5	181,05	210,43	193,93	170,62
169	6	155,53	139,84	120,31	172,97
169	7	182,70	187,33	209,46	221,74
169	8	156,99	172,08	128,09	130,83
169	9	213,91	203,07	194,20	200,95
176	1	213,28	220,68	203,66	222,52
176	10	215,20	209,40	194,89	212,83
176	11	212,59	256,39	249,92	241,80
176	11A	240,86	240,86	240,86	240,86
176	12	204,58	197,71	217,47	231,67

Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
176	13	210,69	200,24	214,97	190,16
176	14	240,92	240,91	240,92	240,92
176	14A	237,14	237,13	237,14	237,13
176	15	255,86	263,12	267,43	314,00
176	16	227,37	230,03	215,44	208,76
176	17	228,84	206,84	211,63	216,18
176	18	184,97	184,96	184,96	184,97
176	19	211,75	188,63	189,60	187,28
176	2	256,15	251,34	220,27	246,12
176	20	200,33	204,78	195,15	209,95
176	21	237,14	210,58	213,12	240,96
176	21A	247,10	247,10	247,10	247,10
176	22	168,95	218,30	214,26	204,48
176	23	217,93	204,35	207,59	206,12
176	24	161,37	159,85	161,63	140,99
176	25	186,43	187,87	187,65	186,07
176	25A	216,18	216,22	221,39	206,18
176	25B	206,51	213,90	211,50	214,57
176	26	153,08	152,12	174,96	169,65
176	27	151,20	128,58	133,60	112,46
176	27A	237,15	237,14	237,14	237,14
176	28	223,96	219,27	224,29	215,30
176	28A	181,99	181,99	181,98	181,99
176	29	232,04	235,54	235,16	256,80
176	3	214,39	222,42	203,38	218,68
176	30	214,64	165,58	184,80	191,76
176	30A	176,93	176,93	176,93	176,93
176	31	190,42	193,06	202,62	187,86
176	32	192,67	199,27	202,85	147,67
176	32A	201,20	193,97	196,78	279,14
176	33	199,23	195,02	186,61	199,27
176	34	191,58	234,44	211,31	167,18
176	35	193,40	185,25	177,90	182,36
176	36	197,17	191,61	208,10	192,17
176	37	225,85	224,86	226,24	224,28
176	38	245,20	245,19	245,20	245,20
176	4	200,48	206,47	199,39	213,73
176	5	171,87	169,84	177,65	176,56
176	6	200,80	194,09	197,69	146,49
176	7	221,33	219,01	225,16	291,54
176	8	206,56	215,15	232,74	218,10
176	9	224,19	267,17	226,95	243,63
178	1	176,44	177,32	154,93	173,75
178	10	219,28	232,11	221,13	192,39
178	11	248,75	256,29	248,42	228,62
178	12	219,11	209,79	216,99	226,31
178	13	234,52	218,57	222,44	221,85
178	14	205,89	190,99	200,21	173,30
178	15	260,90	258,48	264,61	272,34
178	16	243,34	246,73	245,98	238,83
178	17	243,34	248,86	246,94	241,08



Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
178	18	223,98	261,64	232,22	239,51
178	19	210,69	217,88	227,82	216,07
178	2	196,20	203,77	200,45	191,51
178	20	247,61	249,94	225,65	159,15
178	21	215,42	213,58	241,47	205,00
178	22	190,79	189,40	189,34	188,69
178	23	195,21	194,15	174,45	190,22
178	24	210,53	192,83	199,75	207,90
178	25	193,33	200,66	200,91	202,86
178	26	198,41	191,76	202,03	194,34
178	27	205,70	208,56	200,49	195,72
178	28	227,48	220,77	222,22	220,61
178	29	181,67	176,08	185,05	216,28
178	3	217,05	220,18	222,90	244,45
178	30	222,50	221,44	214,04	227,86
178	31	188,38	179,47	146,13	163,00
178	32	152,27	139,19	131,75	215,75
178	33	224,85	179,82	193,74	194,28
178	34	207,22	179,29	174,72	210,12
178	35	218,58	216,82	215,01	207,88
178	36	203,62	206,45	200,19	211,17
178	37	203,41	198,80	190,28	185,94
178	38	171,30	202,92	193,59	193,62
178	39	222,70	222,68	222,70	222,70
178	4	238,46	233,57	237,27	245,56
178	40	170,00	162,42	196,60	187,21
178	41	143,06	147,31	139,71	170,04
178	42	153,37	151,92	143,14	189,56
178	43	225,56	237,86	187,64	191,14
178	44	231,08	227,24	228,84	201,11
178	45	171,87	205,51	192,28	204,98
178	46	188,29	185,11	190,22	189,12
178	47	212,65	224,72	225,57	231,79
178	48	93,85	87,78	95,88	80,64
178	5	226,39	224,47	215,46	221,44
178	6	217,19	227,48	217,59	215,55
178	7	196,38	188,84	189,84	195,86
178	8	211,91	201,00	208,56	219,76
178	9	199,83	202,59	196,72	206,65
19	1	85,96	112,46	102,05	96,43
19	2	80,10	81,68	72,60	90,27
19	3	78,20	97,86	82,79	77,57
191	1	163,04	204,59	185,79	184,57
191	10	201,50	203,10	217,09	186,46
191	11	217,82	212,98	127,32	258,01
191	12	230,72	218,57	231,73	257,31
191	13	173,89	164,69	192,12	130,81
191	14	220,27	218,30	188,41	227,13
191	15	209,03	183,51	187,39	192,68
191	16	201,07	200,93	215,14	181,12
191	17	186,25	185,22	191,81	161,10

Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
191	18	193,00	192,98	193,00	192,99
191	19	190,47	194,13	182,06	203,82
191	2	144,77	107,84	157,81	165,04
191	20	190,97	212,71	192,69	175,83
191	21	187,75	195,19	218,96	198,85
191	21A	214,37	214,36	214,36	214,37
191	22	201,99	205,56	155,04	192,00
191	22A	185,87	185,86	185,88	185,87
191	23	201,79	214,72	198,61	219,10
191	24	194,10	219,29	185,96	214,24
191	25	193,88	204,70	185,28	236,06
191	26	206,74	240,59	203,31	216,69
191	27	194,63	198,67	194,44	218,91
191	28	200,04	186,66	207,74	225,08
191	29	190,87	196,58	170,26	173,03
191	3	154,89	132,18	136,26	149,73
191	30	204,43	186,83	217,70	221,38
191	31	209,24	222,77	203,97	223,97
191	32	213,63	195,26	221,55	187,00
191	33	206,72	232,59	229,78	218,31
191	34	187,29	174,92	188,73	125,11
191	35	187,22	164,03	214,26	234,52
191	36	199,83	191,01	218,90	237,13
191	37	143,94	140,48	146,05	186,37
191	38	168,45	159,49	162,81	180,25
191	39	175,93	185,22	190,49	209,25
191	4	173,52	162,83	163,59	94,59
191	40	164,57	161,00	165,12	161,97
191	41	185,44	193,97	199,25	200,16
191	42	169,52	150,01	175,50	150,49
191	43	148,09	153,61	174,95	101,17
191	44	144,66	144,07	139,01	160,16
191	45	176,27	169,96	171,10	168,59
191	45A	56,71	56,70	56,70	56,71
191	46	184,18	172,04	158,83	187,78
191	47	206,95	197,72	208,95	262,75
191	48	180,30	211,43	178,75	184,25
191	48A	57,82	46,76	66,17	89,56
191	49A	48,79	42,00	44,47	41,89
191	5	143,19	138,28	139,99	143,36
191	50	190,86	190,84	190,86	190,86
191	50A	46,94	62,24	56,46	51,99
191	51	191,10	188,06	199,74	215,39
191	52	179,23	191,62	186,16	133,71
191	53	169,58	169,58	169,59	169,58
191	53A	175,71	175,71	175,69	175,70
191	53C	46,15	46,14	46,15	46,15
191	54	49,25	42,94	46,61	56,93
191	55	189,88	186,54	160,37	182,01
191	56	153,15	161,20	93,85	111,34
191	56B	29,15	78,76	106,60	40,71

Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
191	57	164,87	167,14	142,95	158,37
191	58	176,12	173,69	193,10	182,37
191	59	177,95	160,58	181,15	153,72
191	6	193,12	205,71	194,82	233,12
191	60	176,59	174,65	156,64	146,96
191	61	44,44	76,02	51,43	46,38
191	62	50,02	62,78	75,86	50,01
191	63	161,10	171,28	180,64	204,85
191	7	190,32	215,17	149,67	139,48
191	8	210,10	210,67	215,89	156,86
191	9	199,04	193,64	204,53	206,44
196	1	221,14	198,95	236,34	218,10
196	2	198,77	203,88	204,64	162,20
196	2A	202,69	207,44	207,32	209,46
196	3	239,57	236,46	233,51	227,37
196	5	228,81	232,31	217,93	213,22
2	4	126,58	122,71	116,30	117,26
2	5	137,68	131,16	117,48	142,32
2	6	153,88	143,03	155,64	165,96
2	7	146,65	127,65	151,13	83,09
203	1	170,57	171,55	167,98	157,91
203	10	199,42	199,41	199,42	199,42
203	11	207,88	210,21	215,56	272,05
203	12	194,20	191,99	202,82	182,13
203	12A	187,44	187,43	187,43	187,44
203	13	209,04	209,02	209,03	209,03
203	14	133,63	38,03	30,20	27,71
203	15	187,26	213,25	213,91	217,70
203	16	198,80	198,78	198,79	198,80
203	17	213,69	206,56	209,41	210,47
203	17A	191,81	198,78	211,11	261,09
203	18	214,21	256,86	253,83	197,49
203	19	243,56	243,56	243,56	243,56
203	2	203,91	190,96	188,79	186,63
203	20	178,58	168,96	142,29	190,95
203	21	166,74	166,71	166,74	166,74
203	3	200,27	217,24	197,76	184,03
203	4	169,15	176,28	174,24	162,38
203	5	175,49	192,70	208,28	192,08
203	6	221,67	186,63	242,23	227,01
203	7	210,12	216,18	217,39	182,73
203	8	211,43	213,01	206,04	204,51
203	9	223,85	218,17	233,24	211,37
209	1	122,39	146,83	144,94	154,09
209	2	165,44	171,10	183,29	193,22
209	3	200,52	208,53	205,98	205,65
209	4	181,48	141,80	160,93	178,84
211	1	127,58	140,14	147,44	134,52
211	10	142,19	144,89	139,00	140,78
211	11	140,21	131,69	117,42	111,18
211	12	132,02	131,76	134,77	123,28

Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
211	13	126,06	116,58	120,78	135,64
211	14	121,15	135,57	115,38	107,59
211	15	110,98	144,39	106,50	105,19
211	16	109,82	106,52	89,98	82,59
211	17	86,66	82,47	91,14	140,41
211	2	142,39	135,23	130,58	157,00
211	3	125,18	126,06	124,16	120,98
211	4	111,06	119,15	115,92	111,03
211	5	139,74	136,13	137,27	135,71
211	5A	103,03	103,03	103,02	103,04
211	6	94,63	86,03	87,79	92,84
211	6A	95,42	101,33	110,33	87,93
211	7	94,61	91,94	93,36	85,48
211	8	128,87	123,40	136,63	131,16
211	9	116,03	100,98	108,60	122,75
211	9A	91,49	81,59	74,85	65,92
217	1	197,97	208,73	202,20	188,13
217	10	192,15	170,53	193,32	178,00
217	11	188,13	180,88	185,57	167,18
217	12	186,06	200,07	176,39	186,22
217	13	188,31	198,58	181,64	192,15
217	14	188,57	164,07	176,16	179,45
217	15	201,59	214,99	208,01	215,45
217	16	191,77	194,68	185,29	158,18
217	17	193,97	193,07	199,14	205,20
217	18	191,87	178,35	173,41	169,48
217	19	187,65	178,74	189,24	189,77
217	2	166,29	166,28	166,28	166,28
217	20	202,18	196,95	195,08	177,37
217	21	215,51	216,70	190,92	193,41
217	22	210,18	266,96	205,31	259,82
217	22A	207,09	216,68	140,96	147,16
217	23	203,38	160,77	187,60	182,38
217	24	215,38	206,87	221,19	191,83
217	25	196,96	220,76	235,13	186,76
217	26	198,59	182,71	185,38	171,71
217	27	193,10	195,70	199,90	194,38
217	28	185,91	169,16	164,47	186,55
217	29	195,00	187,18	190,74	185,69
217	3	185,00	161,60	204,66	188,73
217	30	198,11	196,51	208,43	209,73
217	31	180,62	178,75	195,36	213,76
217	32	192,12	188,21	191,81	137,38
217	33	209,91	201,04	198,49	281,01
217	34	227,05	223,90	227,13	222,57
217	35	182,86	186,91	194,48	163,71
217	36	224,79	219,42	218,44	221,82
217	37	209,65	196,20	188,77	247,41
217	38	182,39	217,84	193,58	202,25
217	39	198,46	199,07	197,91	210,03
217	4	217,67	213,48	177,62	216,91

Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
217	40	149,29	164,27	155,36	160,01
217	5	201,55	176,95	173,27	163,22
217	6	194,20	192,82	191,06	191,31
217	7	175,34	178,87	177,79	179,32
217	8	198,81	247,75	162,57	181,80
217	9	176,39	177,12	175,15	185,63
233	1	194,10	196,87	209,24	205,23
233	10	129,29	120,38	119,88	134,35
233	11	157,65	148,54	159,12	142,74
233	12	184,25	190,11	189,64	160,05
233	13	192,03	200,08	203,09	194,41
233	14	196,64	190,09	191,09	199,81
233	15	196,97	208,08	174,79	256,33
233	16	176,20	165,81	173,20	165,63
233	2	195,10	196,45	183,25	186,79
233	3	198,83	189,72	207,78	231,16
233	4	174,63	152,73	174,29	178,39
233	5	154,12	136,36	144,29	181,69
233	6	213,14	232,91	213,83	239,70
233	7	191,32	187,79	200,65	131,56
233	8	188,83	187,14	204,93	184,75
233	9	180,01	172,10	166,95	229,03
241	1	195,99	186,46	208,96	226,22
241	10	195,85	183,90	190,36	236,77
241	11	203,92	196,21	205,20	191,69
241	12	214,11	221,74	224,33	206,80
241	13	191,06	173,09	164,87	177,66
241	2	203,15	207,53	210,35	155,53
241	3	218,42	243,14	217,88	216,51
241	4	230,13	230,13	230,13	230,13
241	5	221,09	191,55	213,23	195,03
241	6	178,47	177,70	181,48	142,83
241	7	203,01	173,47	191,52	198,01
241	8	211,25	216,94	212,92	210,13
241	9	207,61	232,57	195,03	209,02
262	1	167,17	158,56	181,10	170,25
262	10	126,70	138,44	132,48	130,69
262	11	131,58	118,59	135,80	134,05
262	12	140,49	127,17	150,67	105,53
262	13	128,57	108,57	150,13	148,35
262	14	143,00	145,29	110,64	124,80
262	15	135,37	138,18	138,66	129,22
262	16	111,38	113,40	113,03	100,42
262	17	126,67	126,67	126,67	126,67
262	18	138,12	198,40	120,62	120,75
262	19	131,90	121,60	128,34	137,00
262	2	184,85	184,33	171,72	192,26
262	20	136,22	138,65	153,23	127,74
262	21	147,88	150,57	165,84	174,57
262	22	142,61	142,60	142,61	142,61
262	3	129,00	119,20	136,99	153,41

Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
262	4	140,41	143,93	160,02	98,01
262	5	148,45	108,13	130,07	190,68
262	6	147,55	150,82	133,96	134,83
262	7	140,69	140,51	134,43	160,99
262	8	133,07	158,48	143,42	123,94
262	9	122,79	116,87	115,07	98,66
271	1	116,31	116,23	115,38	112,08
271	10	133,78	145,37	156,70	151,24
271	11	139,26	120,77	110,64	85,32
271	11A	125,39	125,39	125,38	125,39
271	12	137,71	148,93	141,89	80,29
271	13	132,75	127,90	147,55	135,75
271	13A	119,77	131,85	122,15	133,99
271	14	153,19	116,27	120,76	138,95
271	14A	90,97	84,37	78,38	103,69
271	15	164,76	153,45	162,45	158,13
271	15A	88,63	103,03	83,62	108,84
271	16	107,82	102,63	105,12	113,91
271	2	116,25	116,24	116,24	116,26
271	4	123,77	123,76	123,76	123,77
271	5	82,11	82,11	82,10	82,12
271	6	141,91	143,48	130,90	113,60
271	7	135,75	134,74	137,30	141,67
271	8	151,93	123,07	180,77	182,85
271	8A	110,49	110,48	110,48	110,49
271	9	154,68	160,38	173,78	149,47
285	1	157,22	150,56	154,69	152,02
285	10	142,97	142,94	142,96	142,97
285	11	150,10	146,76	149,85	153,41
285	12	156,61	156,59	156,60	156,60
285	13	130,07	132,40	130,32	97,69
285	14	138,53	149,16	164,99	149,27
285	15	158,03	174,18	189,60	113,30
285	2	152,16	152,16	152,15	152,16
285	3	127,77	185,64	162,21	126,39
285	4	161,47	188,73	160,16	147,79
285	5	160,78	184,27	202,20	145,27
285	8	140,66	133,75	149,88	141,37
285	9	140,15	140,13	140,14	140,15
292	1	116,07	72,54	193,52	75,45
292	10	150,01	153,32	175,49	127,43
292	11	53,48	75,55	105,25	104,58
292	12	144,08	192,95	164,30	116,31
292	13	155,81	149,17	130,80	141,66
292	14	159,60	161,95	178,38	151,43
292	15	157,24	148,16	139,82	150,30
292	16	141,66	162,83	131,57	132,43
292	17	64,57	68,16	70,11	79,57
292	18	168,80	168,78	168,79	168,80
292	19	65,45	65,44	65,44	65,45
292	2	54,82	52,67	51,12	48,65

Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
292	20	147,07	140,79	142,50	131,58
292	21	135,26	118,58	169,31	111,04
292	22	132,61	113,05	124,48	198,79
292	22A	150,61	148,84	152,42	142,31
292	3	147,91	136,53	122,97	148,21
292	4	128,52	127,48	139,40	112,35
292	5	50,08	50,07	50,08	50,08
292	6	88,52	116,14	83,77	62,88
292	7	80,69	85,12	81,65	88,64
292	8	135,60	156,19	130,53	137,33
292	9	86,00	85,98	85,99	86,00
298	29	152,83	150,15	150,81	165,73
298	30	158,67	160,03	157,34	151,86
298	31	163,06	155,33	145,98	150,90
298	32	155,01	171,21	167,63	171,93
301	1	168,29	184,87	179,74	165,93
301	10	162,39	180,88	164,49	144,63
301	10A	171,19	175,43	167,70	216,08
301	11	160,41	160,40	160,40	160,41
301	12	187,40	187,39	187,40	187,40
301	13	180,19	187,97	181,27	175,71
301	14	171,86	165,70	175,34	181,59
301	15	178,10	183,34	179,45	208,73
301	16	173,94	145,52	163,82	153,70
301	17	136,67	125,12	132,59	135,36
301	18	174,00	175,47	165,89	158,25
301	19	156,84	156,51	158,18	153,10
301	2	175,76	191,82	177,83	126,20
301	20	171,10	154,48	168,37	176,94
301	21	184,18	144,07	227,34	223,86
301	22	193,20	193,20	193,20	193,21
301	23	192,31	192,30	192,31	192,31
301	24	173,32	177,24	184,33	208,32
301	25	162,47	175,70	165,05	117,42
301	26	159,23	159,21	159,22	159,23
301	27	187,98	187,98	187,97	187,98
301	28	164,92	127,82	167,02	174,80
301	29	166,09	170,71	164,65	182,11
301	3	164,39	159,45	149,80	146,18
301	30	176,67	176,66	176,67	176,68
301	31	153,60	153,57	153,58	153,60
301	32	142,84	142,82	142,83	142,84
301	33	123,16	123,14	123,15	123,16
301	4	197,88	198,13	216,18	200,87
301	5	207,22	207,20	207,21	207,21
301	6	170,66	171,77	177,50	167,22
301	6A	195,16	195,14	195,16	195,16
301	7	168,13	196,66	139,38	152,13
301	8	184,09	184,08	184,08	184,09
301	9	174,62	174,61	174,61	174,62
31	1	145,88	147,69	149,79	150,56

Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
31	10	146,72	148,82	172,20	139,30
31	11	128,02	139,65	136,82	161,65
31	4	142,36	145,74	139,10	148,23
31	4A	139,52	143,44	144,85	165,82
31	5	140,96	150,00	161,72	139,69
31	7	125,72	126,72	119,72	125,10
326	2	154,31	174,03	157,75	188,43
326	3	161,58	161,74	157,69	158,57
326	6	143,05	141,90	142,90	99,42
326	8	161,77	156,34	157,98	127,34
326	9	141,55	135,72	118,77	222,59
347	10A	161,13	162,22	163,88	141,68
347	11A	139,90	143,45	143,43	175,18
347	12	159,79	171,88	168,68	166,24
347	12A	159,10	159,10	159,09	159,10
347	13	100,83	109,92	96,29	87,09
347	13A	79,27	88,87	84,89	80,83
347	14	81,63	80,35	73,02	96,90
347	14A	108,01	114,70	112,74	120,81
347	15	95,81	93,99	105,16	93,03
347	16	117,72	113,60	110,75	108,24
347	16A	118,17	118,35	123,61	97,69
347	17	114,99	125,75	131,64	130,35
347	18	94,88	93,02	90,42	90,65
353	1	65,62	66,09	66,84	70,09
353	10	74,07	123,64	71,20	69,99
353	10A	86,29	86,27	86,28	86,30
353	10B	59,80	59,43	85,73	57,72
353	11	72,34	72,31	72,33	72,34
353	11A	77,18	77,17	77,18	77,18
353	11B	85,79	85,75	85,78	85,79
353	12	62,48	77,86	55,35	83,75
353	13	60,57	63,11	64,82	75,85
353	13A	73,87	71,88	108,75	59,43
353	14	81,81	82,66	73,96	98,25
353	14A	107,83	107,81	107,83	107,84
353	14B	123,21	123,18	123,20	123,21
353	15	50,13	59,17	52,09	41,86
353	2	69,88	82,64	67,60	92,37
353	3	75,48	166,37	165,10	77,47
353	4	66,78	70,86	77,41	57,78
353	5	107,22	131,01	147,03	93,91
353	6	73,84	72,14	64,23	70,64
353	7	57,37	69,33	130,55	46,40
353	8	54,96	50,83	44,96	59,58
353	9	70,81	114,75	59,34	84,22
355	1	118,31	118,29	118,30	118,31
355	3	129,57	129,56	129,56	129,57
355	4	79,72	50,46	147,09	69,23
355	5	89,78	115,66	193,97	77,26
355	6	98,22	87,93	97,07	84,93



Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
355	7	88,77	67,14	160,80	154,51
355	8	125,65	119,29	126,04	116,55
355	9	101,95	101,95	101,94	101,96
367	1	104,38	104,38	104,37	104,39
367	2	106,87	107,98	104,09	97,01
367	3	98,61	98,60	98,61	98,61
378	1	70,52	75,56	71,14	52,54
378	2	52,01	59,74	78,28	48,83
378	3	79,10	106,79	142,50	66,68
378	4	65,73	67,36	72,11	70,89
378	5	69,71	70,00	67,80	63,78
378	6	60,00	60,00	60,00	60,00
378	7	65,06	69,75	59,05	75,09
378	8	82,14	102,41	113,90	73,09
383	1	88,49	100,53	93,11	86,58
383	2	110,22	102,70	95,31	71,77
383	3	93,23	84,97	84,73	85,54
383	4	92,49	82,99	83,75	87,90
383	5	80,00	80,00	79,99	80,01
383	6	84,03	84,02	84,02	84,03
4	1	53,92	50,35	51,48	56,38
4	2	60,52	61,18	59,76	65,00
4	3	60,24	60,01	57,70	54,40
4	4	70,88	79,68	63,78	64,65
4	5	57,73	60,07	50,31	47,86
4	6	48,24	79,28	42,76	95,03
4	7	46,82	48,29	45,59	40,77
4	7A	46,93	49,52	48,81	47,89
4	8	57,00	53,51	57,77	63,48
4	9	56,69	53,74	50,00	56,22
6	1	114,25	135,30	126,65	120,35
6	2	124,37	121,44	122,97	129,64
6	3	122,46	108,58	150,53	110,16
6	4	130,03	110,99	130,14	157,54
6	5	144,00	128,34	132,90	130,94
6	6	107,71	95,09	91,95	106,13
60	1	186,14	198,86	200,01	220,79
60	2	160,40	163,37	153,23	182,26
60	3	115,06	71,80	77,64	92,40
63	1	158,06	143,79	157,79	178,61
63	10	87,22	71,31	77,78	106,73
63	11	216,84	234,35	244,58	176,94
63	12	202,58	205,78	223,42	169,61
63	13	191,49	191,47	191,48	191,49
63	14	68,77	68,76	68,76	68,77
63	15	76,92	90,69	90,26	62,73
63	16	171,55	183,60	162,12	169,68
63	17	130,56	150,79	130,88	119,53
63	18	200,48	178,62	179,67	139,62
63	19	181,86	194,27	145,04	210,38
63	2	200,50	204,58	194,47	211,93

Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
63	20	167,72	156,35	125,84	195,70
63	21	178,76	171,16	227,74	130,09
63	22	168,61	161,81	173,91	146,31
63	23	94,41	94,40	94,40	94,41
63	24	156,72	150,44	125,43	129,82
63	25	195,74	234,30	181,59	222,81
63	26	234,44	232,68	230,94	236,73
63	27	187,93	155,93	165,17	154,23
63	28	193,88	189,24	162,39	189,50
63	29	219,72	224,96	242,37	226,77
63	3	136,49	136,34	115,42	122,62
63	30	228,12	256,84	264,61	218,71
63	31	214,24	214,22	214,23	214,23
63	32	145,87	145,86	145,87	145,87
63	33	241,53	241,52	241,53	241,53
63	34	288,59	269,38	255,20	252,73
63	35	220,80	191,93	204,45	207,86
63	36	235,09	229,43	252,63	224,35
63	37	284,65	295,57	299,73	296,48
63	38	305,21	296,91	297,43	308,20
63	39	84,70	84,70	84,70	84,70
63	40	223,48	276,92	280,56	280,41
63	41	155,50	159,34	163,60	155,08
63	42	181,71	180,93	196,96	173,86
63	43	160,57	148,29	117,17	113,25
63	44	121,31	113,10	43,91	82,39
63	46	183,13	183,12	183,12	183,13
63	5	164,49	171,24	171,03	196,16
63	6	178,18	186,78	189,30	236,53
63	7	179,23	157,40	225,68	229,08
63	8	146,79	151,35	131,62	122,66
63	9	202,00	226,07	214,41	223,41
8	1	126,69	116,74	119,17	105,65
8	2	155,34	155,31	155,33	155,35
8	3	130,14	148,44	146,38	148,35
8	4	122,21	133,91	136,76	105,59
81	1	240,26	235,77	214,44	260,25
81	10	262,44	259,81	270,85	282,57
81	11	269,83	273,58	266,51	265,60
81	12	216,82	214,31	220,68	221,28
81	13	230,63	235,13	240,39	239,65
81	14	244,90	250,23	252,49	252,20
81	15	268,05	259,48	258,14	267,60
81	16	243,37	239,07	227,13	249,00
81	16B	251,95	251,94	251,94	251,94
81	17	234,68	237,50	226,19	198,63
81	17B	275,34	275,33	275,34	275,33
81	18	200,59	198,79	201,13	186,01
81	19	200,81	222,62	259,86	249,25
81	2	232,03	222,29	217,57	270,18
81	20	228,35	228,35	228,35	228,35

Fazenda	Talhão	VTcc (m³/ha) Inventário	VTcc (m³/ha) RNA-64,2%	VTcc (m³/ha) RNA-43,3%	VTcc (m³/ha) RNA-28,7%
81	3	263,32	266,04	283,19	258,22
81	4	281,09	271,23	261,16	321,42
81	5	273,50	267,72	265,89	269,63
81	6	219,54	191,74	235,69	203,57
81	7	106,56	108,89	156,50	110,08
81	8	203,93	214,59	203,40	247,03
81	9	250,64	269,38	277,24	256,50
83	09A	214,30	222,06	202,40	193,85
83	1	261,10	266,37	225,87	244,46
83	10	216,30	204,80	179,61	174,60
83	10A	205,63	262,93	219,21	226,35
83	11	195,28	188,89	144,09	184,61
83	12	210,83	207,99	252,21	188,44
83	13	197,61	213,68	223,68	201,54
83	14	249,41	257,49	245,58	273,21
83	15	250,37	260,97	259,41	255,57
83	16	219,98	218,23	232,92	214,94
83	16A	239,02	240,46	247,37	221,60
83	17	209,32	213,68	203,39	236,05
83	18	252,24	252,23	252,24	252,24
83	19	300,54	319,42	295,77	312,03
83	2	238,47	227,96	212,01	230,52
83	20	260,37	262,66	243,49	243,55
83	20A	250,37	251,23	207,93	244,23
83	21	116,02	125,96	124,25	134,51
83	21A	136,09	113,31	127,13	115,48
83	22	224,20	234,84	236,01	207,45
83	23	228,94	223,31	221,05	222,10
83	24	204,94	222,79	209,25	137,11
83	25	245,90	255,30	237,65	252,85
83	26	239,16	241,21	251,96	237,10
83	27	232,17	239,36	244,86	222,90
83	28	283,17	248,26	313,98	310,95
83	29	254,56	265,51	262,52	267,60
83	3	173,04	253,58	255,15	243,48
83	30	205,22	218,92	225,98	218,09
83	31	213,50	244,07	252,37	259,28
83	32	234,35	222,11	236,67	278,15
83	33	237,32	243,16	258,57	157,88
83	34	238,30	242,34	248,77	259,84
83	34A	162,03	161,46	172,10	182,74
83	4	239,49	183,65	215,60	186,76
83	5	232,78	248,25	304,67	311,02
83	6	214,35	226,30	195,18	227,34
83	7	203,84	206,96	209,33	193,31
83	8	211,97	212,22	236,09	208,70
83	9	201,45	131,77	183,73	194,04